

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
BIOLOGICAL RESOURCES
БІЯЛАГІЧНЫЯ РЭСУРСЫ

УДК 582.26

В. Н. Петров

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: petrov.vl@tut.by*

**СОСТАВ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЛЕКСОВ
ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ БЕНТОСА РЕК
ЗАКАЗНИКА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «ЕЛЬНЯ» (БЕЛАРУСЬ)**

Аннотация. Приводится сводный таксономический список диатомовых водорослей бентоса разнотипных рек Волта и Ельнянка, берущих свое начало на территории заказника республиканского значения «Ельня». Проведен анализ таксономической и эколого-географической структуры диатомовых комплексов. Подсчитан индекс сапробности (для Волты – 3,6; Ельнянки – 1,3) и коэффициент флористической общности Жаккара водотоков – 18 %. Установлено, что видовое богатство диатомей данных рек невелико и суммарно представлено 54 видами и внутривидовыми таксонами (для Волты – 37; Ельнянки – 27). Полученные сведения отражают состояние экосистем в водотоках с трансформированным и естественным руслом.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, верховое болото, виды-индикаторы, сапробность, коэффициент флористической общности

V. N. Petrov

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,
e-mail: petrov.vl@tut.by*

**COMPOSITION AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF DIATOM ALGAE COMPLEXES OF BENTOS IN THE RIVERS
OF THE REPUBLICAN SIGNIFICANCE RESERVE “YELNYA” (BELARUS)**

Abstract. A consolidated taxonomic list of benthic diatoms of the Volta River and Elnyanka River of various types, which springhead in the Yelnya Republican Significance Reserve is given. An analysis of the taxonomic and ecological-geographical structure of diatom complexes was carried out. The following are calculated for watercourses: the Jaccard floristic commonality coefficient is 18%, the saprobity index for the Volta River is 3.6, and the Elnyanka River is 1.3. The species diversity of these rivers is not high and represented by 54 species and intraspecific taxa in total (for the Volta River – 37, Elnyanka River – 27). The obtained information reflects the state of the transformed and natural river ecosystems.

Keywords: diatoms, raised bog, indicator species, saprobity, coefficient of floristic community

У. М. Пятроў

*Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча
Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Мінск, Беларусь, e-mail: petrov.vl@tut.by*

**СКЛАД І ЭКАЛАГІЧНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА КОМПЛЕКСАЎ
ДЫАТОМАВЫХ ВОДАРАСЦЕЙ БЕНТАСА
РЭК ЗАКАЗНИКА РЭСПУБЛІКАНСКАГА ЗНАЧЭННЯ «ЕЛЬНЯ» (БЕЛАРУСЬ)**

Анотацыя. Прыводзіцца зводны таксанамічны спіс дыятомавых водарасцей бентаса розна тыповых рэк Волта і Ельнянка, якія бяруць свой пачатак на тэрыторыі заказніка рэспубліканскага значэння «Ельня». Праведзены аналіз таксанамічнай і экалага-геаграфічнай структуры дыятомавых комплексаў. Падлічаны індэкс сапробнасці (для Волты – 3,6; Ельнянкі – 1,3) і каэфіцыент фларыстычнай агульнасці Жаккара вадацёкаў – 18 %. Устаноўлена, што відавое багацце дадзеных рэк невялікае і сумарна прадстаўлена 54 відамі і ўнутрывідавымі таксонамі (для Волты – 37; Ельнянкі – 27). Атрыманая звестка адлюстроўвае стан экасістэм у вадацёках з трансфармаваным і натуральным рэчышчам.

Ключавыя словы: дыятомавыя водарасці, верхавое балота, віды-індыкатары, сапробнасць, каэфіцыент фларыстычнай агульнасці

Введение. В границах уникального болота, расположенного большей частью в Миорском районе Витебской области, был создан в 1968 г. государственный гидрологический заказник «Ельня», преобразованный в 2007 г. в ландшафтный, а с 2018 г. в заказник республиканского значения [1]. Ельня является самым большим болотом верхового типа в Республике Беларусь и занимает территорию площадью более 25 000 га, что сопоставимо с площадью Минска внутри кольцевой автодороги. Оно включает в себя типичные для таких объектов грядово-мочажинные, грядово-озерковые комплексы, участки переходных болот [2]. Среди всего многообразия водных объектов на территории заказника особое место занимают реки, наиболее заметные Волта и Ельнянка. Река Волта берет начало на территории заказника в 1,5 км к Ю-В от д. Пестуны. В верховье водосбор находится в пределах заказника «Ельня». Является левым притоком Западной Двины, площадь водосбора 207 км². В верхнем течении русло канализировано. Река Ельнянка берет начало из оз. Черное (озеро дистрофного типа площадью 0,7 км², расположено в центре болотного массива, связано протокой с оз. Ельня), является левым притоком Дисны и имеет площадь водосбора 93 км² [3]. В современной научной литературе вопросам изучения альгофлоры верховых болот Беларуси, в том числе расположенных в их пределах водоемов и водотоков, представлено небольшое количество работ [4–8]. Частично материалы по альгофлоре рек Волта и Ельнянка опубликованы в тезисах докладов [9–11].

Материалы и методы. Полевые и камеральные исследования проведены в соответствии с общепринятыми методами. Замер температуры и активной реакции воды произведен портативным рН-метром HANNA HI83141, электропроводности – кондуктометром HANNA HI 9033. Прозрачность установлена с использованием диска Секки. Определение диатомовых водорослей основывается на морфологических признаках створок их кремниевого панциря, для беспрепятственного просмотра которых необходимы предварительная обработка отобранного материала с целью удаления органических компонентов в пробе и дальнейшая монтировка постоянного препарата с заключением уже отмытых створок в среду с высоким коэффициентом преломления [12]. Просмотр препаратов диатомовых водорослей с одновременным фотографированием проводили на световом микроскопе Axioskop 2 Plus с использованием иммерсионного объектива A-Plan × 100 и цифровой камеры Canon PowerShot G5 (часть полученных снимков представлена в виде фототаблиц, рис. 1).

Для идентификации видов и установления их характеристик использовали определители и монографии [13–17]. В работе принята система диатомовых водорослей, размещенная на электронном ресурсе www.algaebase.org [18]. Оценку флористической общности производили с применением коэффициента Жаккара, степень органического загрязнения рек рассчитывали при помощи индекса сапробности по методу Пантле–Бука (в модификации Сладечека) [15].

Материалом для данной работы послужили пробы бентоса 2017 г., отобранные в мае 2017 г. из Волты (на границе заказника «Ельня») и в сентябре из Ельнянки на территории заказника. Одновременно с отбором проб произведен замер гидрохимических характеристик воды. Так, водородный показатель воды рек Ельнянка и Волта составил 3,09 и 5,87, прозрачность – 0,4 и 0,6 м при глубинах в месте отбора проб 0,9 и 1,1 м соответственно. Показатель электропроводности воды установлен только для Ельнянки и составил 24,6 (µS/см). По сравнению с Ельнянкой, проточность которой сохраняется в течение всего года, в гидрологическом режиме Волты нами наблюдались периоды с расходом воды равным нулю. Русло Волты в месте отбора проб канализировано и почти совпадает с границей между торфяной залежью и минеральной почвой. Эти факторы могут влиять на увеличение разнообразия экосистем.

Результаты исследований и их обсуждение. Данные о таксономическом составе диатомовых водорослей, их экологическая, географическая характеристики, число подсчитанных створок, относительные обилие и индекс сапробности видов-индикаторов представлены в табл. 1.

Отдел *Bacillariophyta* в совокупном составе диатомовых в исследуемых реках представлен одним классом *Bacillariophyceae*, 7 порядками, 15 семействами, 22 родами, 52 видами и 2 внутривидовыми таксонами. Порядок *Naviculales* включает в себя 6 семейств, 7 родов, 20 видов и является ведущим среди оставшихся порядков по разнообразию таксонов на всех подчиненных уровнях. Так, вторым по количеству семейств и родов является порядок *Achnanthes*, в состав которого входят 4 семейства, 6 родов и 6 видов. В порядках *Bacillariales*, *Eunotiales*, *Fragilariales*, *Rhabdonematales* и *Suriellales* представлено в нашей работе всего лишь по одному семейству. Самое большое семейство по количеству родов – *Tabellariaceae*, оно объединяет в себе 4 рода: *Asterionella*, *Meridion*, *Oxyneis*, *Tabellaria*, остальные семейства представлены не более чем двумя родами. В рамках проводимого исследования по количеству видов выделяется род *Eunotia* (16 видов и внутривидовых таксонов), вторую позицию по таксономическому разнообразию занял род *Pinnularia* (9 видов), третью разделили *Stauroneis* и *Tabellaria* (по 3 представителя в каждом), последние девятнадцать родов отмечены двумя или одним представителем (табл. 1).

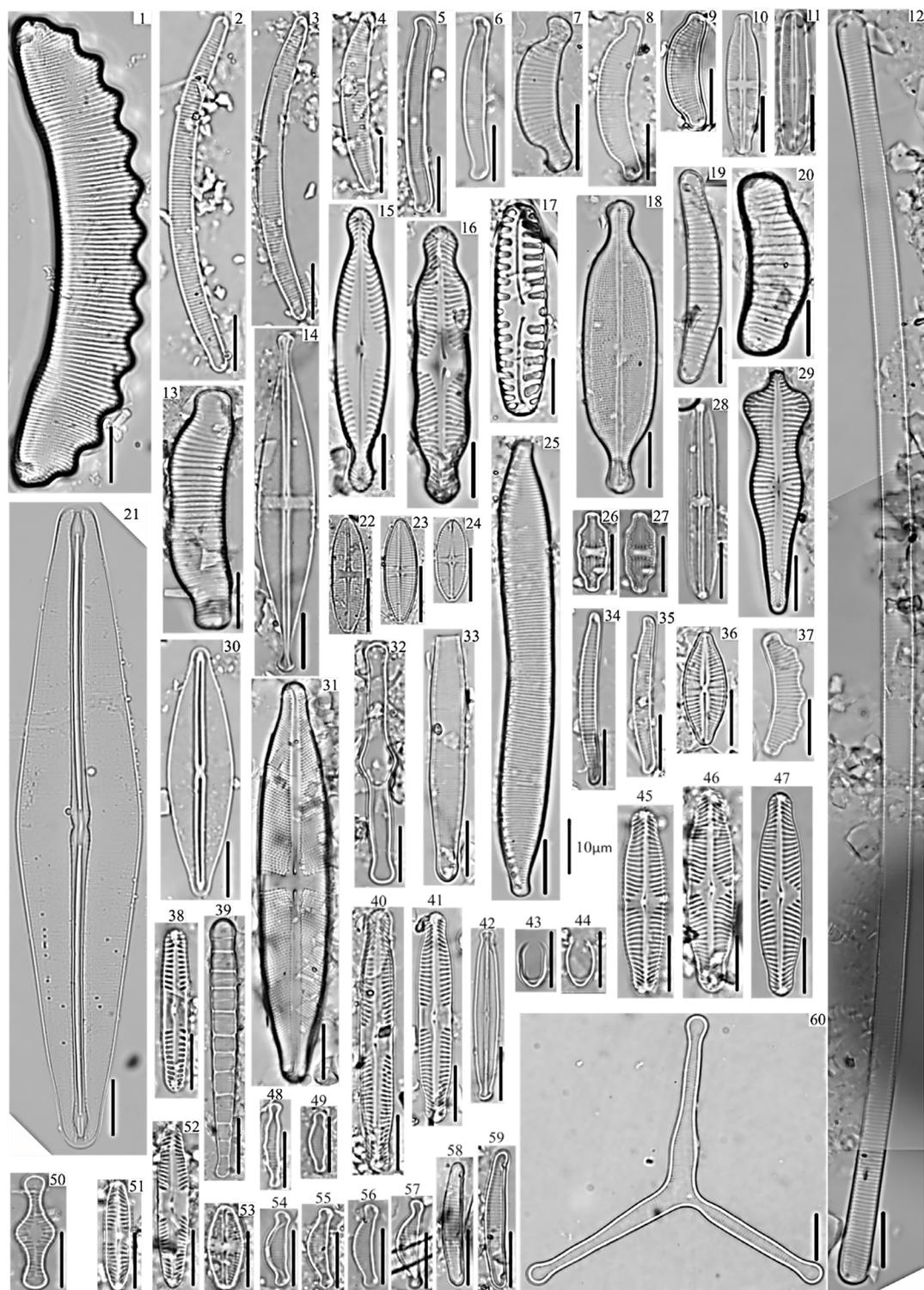


Рис. 1. Фотографии диатомовых водорослей бентоса рек Волга и Ельнянка: 1 – *Eunotia serra*, 2–4 – *Eunotia bilunaris*, 5, 6 – *Eunotia neocompacta* var. *vixcompacta*, 7 – *Eunotia septentrionalis*, 8, 9 – *Eunotia ursamaioris*, 10 – *Stauroneis kriegeri*, 11 – *Achnanthisdium anastasiae*, 12 – *Eunotia flexuosa*, 13 – *Eunotia bidens*, 14 – *Stauroneis gracilior*, 15 – *Pinnularia brauniana*, 16 – *Pinnularia grunowii*, 17 – *Pinnularia borealis*, 18 – *Neidium productum*, 19 – *Eunotia minor*, 20 – *Eunotia curtagrunowii*, 21 – *Frustulia krammeri*, 22–24 – *Lemnicola hungarica*, 25 – *Hantzschia abundans*, 26, 27 – *Luticola nivalis*, 28 – *Neidium alpinum*, 29 – *Gomphonema acuminatum*, 30 – *Frustulia saxonica*, 31 – *Stauroneis subgracilis*, 32 – *Tabellaria fenestrata*, 33 – *Fragilariforma virescens*, 34, 35 – *Eunotia paludosa*, 36 – *Karayevia clevei*, 37 – *Eunotia cristagalli*, 38 – *Pinnularia sinistra*, 39 – *Meridion circulare*, 40, 41 – *Pinnularia subcapitata*, 42 – *Kobayasiella parasubtilissima*, 43, 44 – *Oxyneis binalis* var. *elliptica*, 45–47 – *Pinnularia pisciculus*, 48, 49 – *Eunotia microcephala*, 50 – *Tabellaria flocculosa*, 51, 52 – *Pinnularia obscura*, 53 – *Luticola acidoclinata*, 54–57 – *Eunotia meisteri*, 58, 59 – *Eunotia rhomboidea*, 60 – *Tabellaria stellata*

Т а б л и ц а 1. Систематический список диатомовых водорослей бентоса рек Волга и Ельнянка

Таксон	Экологическая характеристика			Географическое распространение	Индекс сапробности вида	Волга		Ельнянка	
	местообитание	гаплобность	отношение к рН			количество экз. створок	относительное обилие, %	количество экз. створок	относительное обилие, %
Отдел <i>Bacillariophyta</i> L.S.Dillon Класс <i>Bacillariophyceae</i> Haeckel Порядок <i>Achnanthes</i> P. C. Silva Семейство <i>Achnanthes</i> Kützing									
Род <i>Achnantheidium</i> Kützing									
<i>A. anastasiae</i> (Kaczmarska) Chaudev & Gololobova	–	–	–	–	–	3	1,23	–	–
Семейство <i>Achnanthidiaceae</i> D.G.Mann									
Род <i>Karayevia</i> Round & L.Bukhtiyarova ex Round									
<i>K. clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova	B	i	alf	k	α-β	–	–	2	0,36
Род <i>Lemnicola</i> Round & Basson									
<i>L. hungarica</i> (Grunow) Round & Basson	B	mh	alf	k	o-a	69	28,49	–	–
Семейство <i>Cocconeidaceae</i> Kützing									
Род <i>Cocconeis</i> Ehrenberg									
<i>C. lineata</i> Ehrenberg	P-B	i	alf	k	x-o	7	2,88	–	–
Семейство <i>Gomphonemataceae</i> Kützing									
Род <i>Encyonema</i> Kützing									
<i>E. minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	B	oh	ind	k	o-β	7	2,88	–	–
Род <i>Gomphonema</i> Ehrenberg									
<i>G. acuminatum</i> Ehrenberg	P-B	i	alf	k	x-β	1	0,41	–	–
Порядок <i>Bacillariales</i> Hendey Семейство <i>Bacillariaceae</i> Ehrenberg									
Род <i>Hantzschia</i> Grunow									
<i>H. abundans</i> Lange-Bertalot	B	oh	alf	k	–	–	–	1	0,18
<i>H. amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	B	i	ind	k	β-o	1	0,41	–	–
Род <i>Nitzschia</i> Hassall									
<i>N. acidoclinata</i> Lange-Bertalot	–	–	–	–	o-β	1	0,41	–	–
<i>N. perminuta</i> Grunow	–	–	–	–	o-β	8	3,29	–	–
Порядок <i>Eunotiales</i> P. C. Silva Семейство <i>Eunotiaceae</i> Kützing									
Род <i>Eunotia</i> Ehrenberg									
<i>E. bidens</i> Ehrenberg	B	hb	acf	k	–	1	0,41	–	–
<i>E. bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	B	i	acf	k	β	7	2,88	73	13,17
<i>E. cristagalli</i> Cleve	B	i	acf	a-a	–	–	–	3	0,54
<i>E. curtagrunowii</i> Nörpel-Schempp & Lange-Bertalot	B	–	acf	k	–	1	0,41	–	–
<i>E. flexuosa</i> (Brébisson ex Kützing) Kützing	B	i	acf	k	o-β	2	0,82	–	–
<i>E. intermedia</i> (Krasske ex Hustedt) Nörpel & Lange-Bertalot	B	–	acf	–	–	1	0,41	–	–
<i>E. meisteri</i> Hustedt	B	oh	acf	–	o	–	–	87	15,67
<i>E. microcephala</i> Krasske	B	i	acf	–	o	1	0,41	44	7,97
<i>E. minor</i> (Kützing) Grunow	B	–	–	–	x	12	4,93	–	–
<i>E. naegelii</i> Migula	B	hb	acf	a-a	β-o	2	0,82	–	–
<i>E. neocompacta</i> var. <i>vixcompacta</i> Lange-Bertalot	B	–	–	–	–	–	–	15	2,71
<i>E. paludosa</i> Grunow	B	–	acf	–	–	1	0,41	14	2,53
<i>E. rhomboidea</i> Husted	B	–	acf	–	o	–	–	74	13,40
<i>E. septentrionalis</i> Østrup	B	hb	acf	a-a	o	15	6,17	–	–
<i>E. serra</i> Ehrenberg	B	hb	acf	a-a	o-β	–	–	1	0,18
<i>E. ursamaioris</i> Lange-Bertalot & Nörpel-Schempp	B	–	–	–	–	5	2,05	109	19,60
Порядок <i>Fragilariales</i> P. C. Silva Семейство <i>Fragilariaceae</i> Kützing									
Род <i>Fragilaria</i> Lyngbye									
<i>F. capucina</i> Desmazières	B	i	alf	k	o	1	0,41	–	–
Род <i>Fragilariforma</i> D.M.Williams & Round									
<i>F. virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams & Round	P-B	i	ind	k	o	–	–	2	0,36

Окончание табл. 1

Таксон	Экологическая характеристика			Географическое распространение	Индекс сапробиости вида	Волта		Ельнянка	
	местообитание	галофобность	отношение к рН			количество экз. створок	относительное обилие, %	количество экз. створок	относительное обилие, %
Порядок <i>Naviculales</i> Bessey Семейство <i>Amphipleuraceae</i> Grunow									
Род <i>Frustulia</i> Rabenhorst									
<i>F. krammeri</i> Lange-Bertalot & Metzeltin	B	–	–	–	–	–	–	1	0,18
<i>F. saxonica</i> Rabenhorst	B	hb	acf	a-a	–	2	0,82	13	2,35
Семейство <i>Diadesmidaceae</i> D. G. Mann									
Род <i>Luticola</i> D. G. Mann									
<i>L. acidoclinata</i> Lange-Bertalot	B	–	–	–	–	–	–	2	0,36
<i>L. nivalis</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	B, S	hl	ind	k	–	–	–	1	0,18
Семейство <i>Neidiaceae</i> Mereschkowsky									
Род <i>Neidium</i> Pfitzer									
<i>N. alpinum</i> Hustedt	–	–	acf	–	–	1	0,41	–	–
<i>N. productum</i> (W.Smith) Cleve	B	i	acf	k	o-β	1	0,41	–	–
Семейство <i>Pinnulariaceae</i> D. G. Mann									
Род <i>Pinnularia</i> Ehrenberg									
<i>P. borealis</i> Ehrenberg	B	i	ind	k	o-β	2	0,82	5	0,75
<i>P. brauniana</i> (Grunow) Studnicka	B	–	acf	–	–	2	0,82	1	0,18
<i>P. grunowii</i> Krammer	–	–	–	–	–	1	0,41	–	–
<i>P. mesogongyla</i> Cleve	B	i	ind	b	–	1	0,41	–	–
<i>P. obscura</i> Krasske	B	–	–	–	–	–	–	2	0,36
<i>P. pisciculus</i> Ehrenberg	B	–	–	–	–	–	–	11	1,99
<i>P. sinistra</i> Krammer	B	–	–	–	o	7	2,88	3	0,54
<i>P. subcapitata</i> W. Gregory	B	i	ind	k	x-o	–	–	31	5,58
<i>P. subrostrata</i> (A.Cleve) Cleve-Euler	B	–	–	–	–	1	0,41	–	–
Семейство <i>Stauroneidaceae</i> D. G. Mann									
Род <i>Stauroneis</i> Ehrenberg									
<i>S. gracilior</i> E. Reichardt	B	–	–	–	–	5	2,05	–	–
<i>S. kriegeri</i> R. M. Patrick	B	–	ind	–	o-x	46	18,92	–	–
<i>S. subgracilis</i> Lange-Bertalot & Krammer	–	–	–	–	–	2	0,82	–	–
Семейство <i>Naviculales</i> incertae sedis									
Род <i>Kobayasiella</i> Lange-Bertalot									
<i>K. parasubtilissima</i> (H. Kobayasi & T. Nagumo) Lange-Bertalot	B	–	–	–	–	–	–	1	0,18
Порядок <i>Rhabdonematales</i> Round & R. M. Crawford Семейство <i>Tabellariaceae</i> Kützing									
Род <i>Asterionella</i> Hass.									
<i>A. formosa</i> Hassall	P	i	alf	k	o	2	0,82	–	–
Род <i>Meridion</i> C. Agardh									
<i>M. constrictum</i> Ralfs	P-B	hb	alf	k	x	20	8,23	–	–
Род <i>Oxymeis</i> Round									
<i>O. binalis</i> var. <i>elliptica</i> (R. J. Flower) J. C. Kingston	–	–	acf	–	–	–	–	1	0,18
Род <i>Tabellaria</i> Ehrenberg ex Kützing									
<i>T. fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	P-B	hb	acf	k	x	1	0,41	3	0,54
<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	P-B	hb	acf	a-a	o-α	2	0,82	54	9,78
<i>T. stellata</i> Kulikovskiy	P-B	hb	acf	–	–	–	–	1	0,18
Порядок <i>Surirellales</i> D. G. Mann Семейство <i>Surirellaceae</i> Kützing									
Род <i>Surirella</i> Turpin									
<i>S. angusta</i> Kützing	P-B	i	alf	k	o	1	0,41	–	–

Условные обозначения и сокращения: P – планктонный, P-B – планктонно-бентосный, B – бентосный, S – почвенный; mh – мезогалоб, oh – олигогалоб, i – индифферент, hl – галофил, hb – галофоб; alf – алкалофил, acf – ацидофил, ind – индифферент; a-a – аркто-альпийский, b – бореальный вид, k – космополит; x – ксеносапробионт, x-o – ксено-олигосапробионт, o-x – олиго-ксеносапробионт, x-β – ксено-бетамезосапробионт, o – олигосапробионт, o-β – олиго-бетамезосапробионт, β-o – бета-олигосапробионт, o-α – олиго-альфамезосапробионт, β – бета-мезосапробионт, α-β – альфа-бетамезосапробионт; (–) нет данных.

Наибольшее видовое богатство диатомей представлено в бентосе Волты и составляет 37 видов внутривидовых таксонов, в то время как в препарате Ельнянки нами было идентифицировано 27 видов и внутривидовых таксонов. В обоих водотоках они относятся к одному классу *Bacillariophyceae*. В Волте диатомовые водоросли принадлежат к 7 порядкам, 13 семействам, 18 родам, в Ельнянке – к 6 порядкам, 9 семействам, 10 родам (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Соотношение числа таксонов различных рангов диатомовых водорослей, выявленных в бентосе рек Волта и Ельнянка

Название реки	Волта	Ельнянка
Количество классов	1	1
Количество порядков	7	6
Количество семейств	13	9
Количество родов	18	10
Количество видов и внутривидовых таксонов	37	27

Коэффициент Жаккара для рек Волта и Ельнянка составил 18 %. Число общих видов диатомовых водорослей, встреченных в фитобентосе двух указанных выше рек, равно 10; количество видов, установленных только в бентосе Волты – 27, в бентосе Ельнянки – 17. Приведенные данные свидетельствуют, что таксономический состав диатомовых водорослей фитобентоса сравниваемых рек имеет малое сходство между собой.

Анализ данных табл. 3 показывает, что в изученных диатомовых комплексах рек Волта и Ельнянка по приуроченности к местообитаниям преобладают бентосные виды, по 24 и 22 представителя для каждой из проб, что составило 64,88 и 81,49 % соответственно (почти все виды и внутривидовые таксоны из родов *Eunotia*, *Frustulia*, *Luticola*, *Pinnularia*, некоторые из *Stauroneis*, *Neidium* и др.). На втором месте находятся планктонно-бентосные виды в близком процентном соотношении 16,21 и 14,81 % (представители родов *Cocconeis*, *Fragilariforma*, *Gomphonema*, *Tabellaria*). Планктонная группа составила 2,70 % с ее единственным представителем *Asterionella formosa* в бентосе Волты. Группа видов с невыясненной приуроченностью к местообитаниям встречена нами в обоих водотоках с процентным участием 16,21 и 3,70 % соответственно.

Т а б л и ц а 3. Распределение групп диатомей по экологической и географической характеристикам в изученной пробе рек Волта и Ельнянка

Группа диатомей	Число таксонов		% от числа таксонов		% от численности створок в препарате	
	Волта	Ельнянка	Волта	Ельнянка	Волта	Ельнянка
По местообитанию видов						
Планктонные	1	0	2,70	–	0,82	–
Планктонно-бентосные	6	4	16,21	14,81	13,16	10,86
Бентосные	24	22	64,88	81,49	79,36	88,99
Местообитание не установлено	6	1	16,21	3,70	6,57	0,18
По отношению к галобности						
Мезогалобы	1	0	2,70	–	28,49	–
Олигогалобы	1	2	2,70	7,41	2,88	15,85
Индифференты	12	7	32,45	25,92	11,09	28,73
Галофобы	7	5	18,91	18,51	18,50	13,03
Галофилы	0	1	–	3,70	–	0,18
Галобность неизвестна	16	12	43,24	44,46	39,04	42,21
По отношению к рН						
Ацидофилы	15	13	40,55	48,16	16,43	66,67
Индифференты	5	4	13,51	14,81	23,47	6,87
Алкалифилы	7	2	18,91	7,41	41,65	0,54
Отношение к рН неизвестно	10	8	27,03	29,62	18,45	25,92
По географическому распространению						
Аркто-альпийские	4	4	10,82	14,81	8,63	12,85
Бореальные	1	0	2,70	–	0,41	–
Космополиты	16	8	43,24	29,62	53,15	21,12
Географическое распространение не установлено	16	15	43,24	55,57	39,86	66,03
Всего	37	27	100	100	100	100

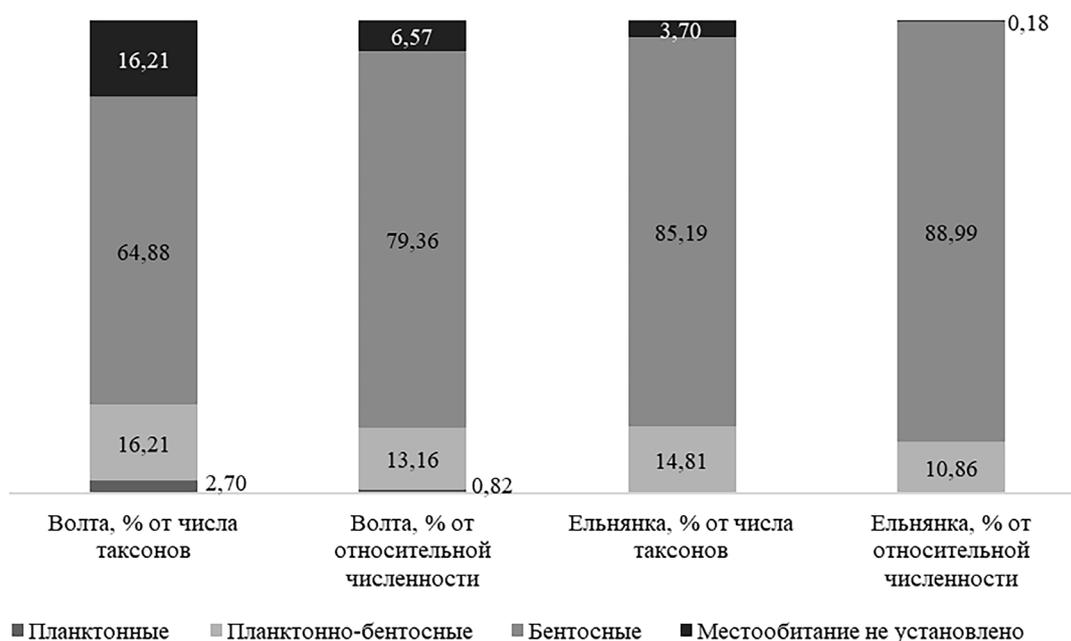


Рис. 2. Распределение групп диатомей по местообитанию

В обоих водотоках при подсчете по относительной численности створок в препарате была выявлена схожая схема распределения экологических групп по местообитанию. В формировании диатомовых комплексов Волты наблюдается самая высокая доля бентосной группы – 78,95 %, ощутимо меньшая планктонно-бентосной – 13,16 % и незначительная планктонной – 0,82 %. В препарате Ельнянки экологические группы, согласно их процентному участию, расположились в той же последовательности: бентосные – 88,99 % и планктонно-бентосные – 10,86 %. Относительное обилие группы видов с неустановленным местообитанием для обеих рек составило 6,98 и 0,18 % соответственно (рис. 2).

По отношению к галобности идентифицированные виды распределились на пять экологических групп, расположенные нами в порядке уменьшения процентного участия: индифференты, галофобы, олигогалофы, что составляет 32,45 и 25,92 %, 18,91 и 18,51 %, 2,70 и 7,41 % для рек Волты и Ельнянка соответственно (табл. 3, рис. 2). Обращает на себя внимание нетипичная для болотных экосистем группа мезогалофов. Единственный представитель солоноватоводной группы 2,70 % *Lemnicola hungarica* встречен нами в препарате Волты. Вид *Luticola nivalis*, отмеченный одной створкой в бентосе Ельнянки, представляет группу олигогалофов-галофилов, занимающую 3,70 % от числа видов в препарате. Значительную часть от общего количества видов (43,24 и 44,46 %) составили виды с неустановленным отношением к галобности. Группа индифферентов указанных водотоков из списочного состава родов представлена отдельными видами, но шире отмечена в родах *Eunotia* и *Pinnularia*. Галофобы представлены в четырех родах *Eunotia*, *Frustulia*, *Meridion*, *Tabellaria*. Олигогалофы отмечены в данной работе тремя видами: *Encyonema minutum*, *Eunotia meisteri*, *Hantzschia abundans* (табл. 1).

Анализ процентного соотношения экологических групп диатомей по относительному обилию створок в препарате показывает, что из групп по отношению к галобности, участвующих в формировании диатомовых комплексов Волты, преобладают мезогалофы – 28,49 %. Также остается весомым участие галофобов (18,50 %), индифферентов (11,09 %) и заметным олигогалофов (2,88 %). В Ельнянке экологические группы диатомей в соответствии с их процентным градиентом расположились в иной последовательности. На первом месте находится группа индифферентов – 28,73 %, за ней следуют олигогалофы и галофобы соответственно, составляя 15,85, 13,03 %, галофилов по относительному обилию створок в препарате отмечено лишь 0,18 %. Значительную долю от общего процентного числа охватывает группа видов с неустановленным по литературным данным отношением к галобности – 39,04 и 42,21 % (рис. 3).

Согласно данным (рис. 4, табл. 3), в формировании диатомовых комплексов бентоса Волты по отношению к pH принимают участие три экологические группы – ацидофилы, алкалофилы, индифференты, составляя 40,55, 18,91 и 13,51 % соответственно. В Ельнянке группа ацидофилов тоже

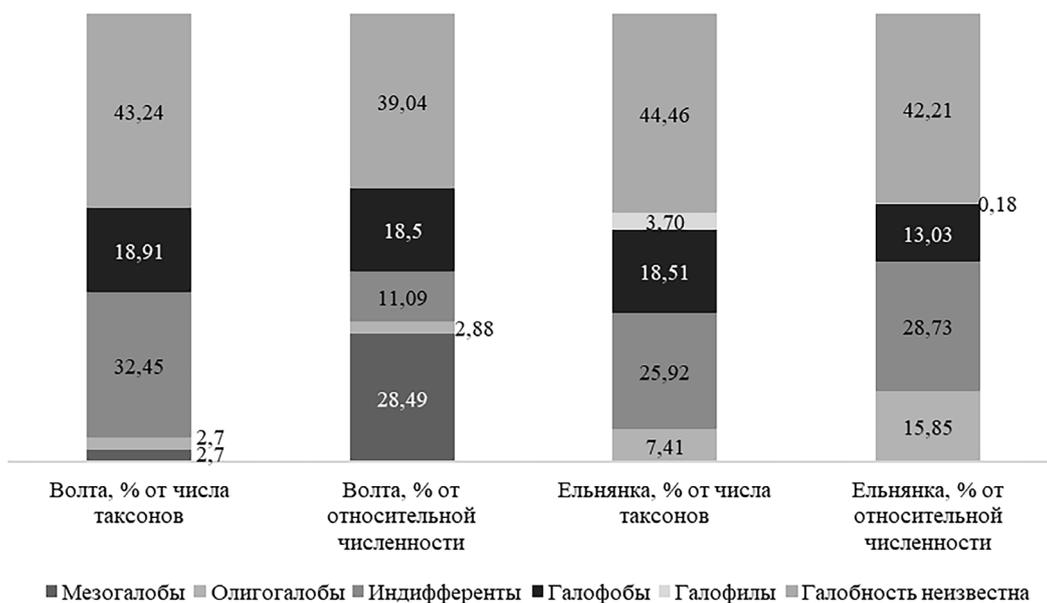


Рис. 3. Распределение групп диатомей по отношению к галобности

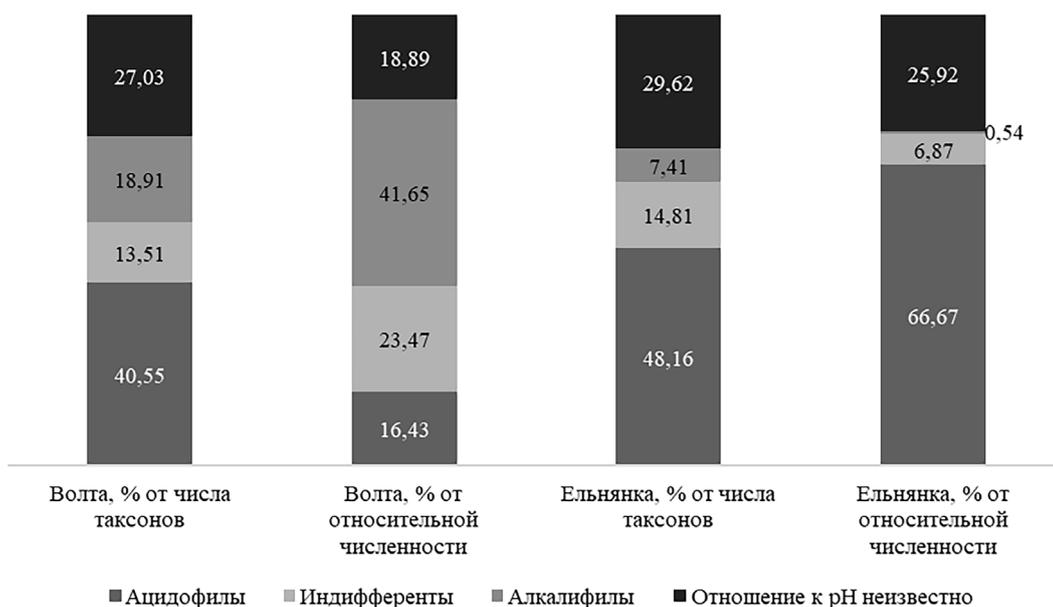


Рис. 4. Распределение групп диатомей по отношению к pH

представлена наибольшим количеством видов, что составляет 48,16 %, однако далее, согласно процентной представленности, следуют индифференты (14,81 %) и алкалифилы (7,41 %). Почти треть (27,03 и 29,62 % соответственно) от общего количества идентифицированных видов в вышеуказанных реках занимают виды с отсутствующей в справочной литературе информацией об их предпочтениях к активной реакции среды. Ацидофилы широко представлены видами рода *Eunotia*, а также некоторыми таксонами из родов *Frustulia*, *Pinnularia*, *Tabellaria*. Индифференты отмечены единичными представителями из родов *Hantzschia*, *Fragilariforma*, *Pinnularia*, *Stauroneis* и некоторых других, алкалифилы из родов *Asterionella*, *Cocconeis*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Hantzschia*, *Karayevia*, *Meridion*, *Surirella* (табл. 1).

Подсчет по относительному обилию створок в препарате Волты показал другую картину в сравнении с полученной при анализе по количеству видов. Так, было установлено, что преобладает группа алкалифилов (41,65 %), индифференты расположены на втором месте (23,47 %), ацидофилы – на третьем (16,43 %). А в Ельнянке экологические группы согласно процентному соотношению пред-

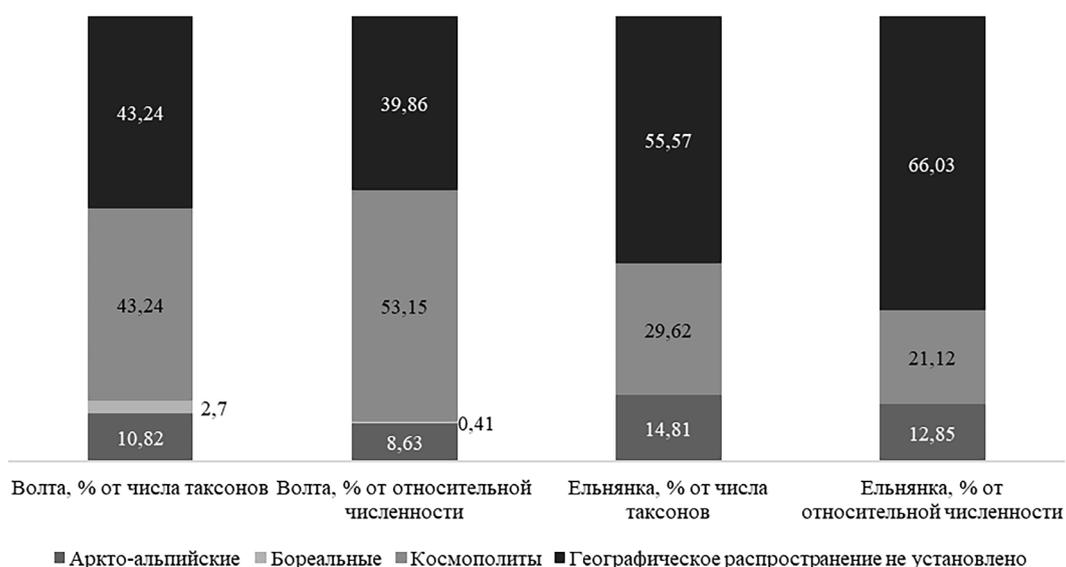


Рис. 5. Распределение групп диатомей по географическому распространению

ставлены такой же последовательностью: ацидофилы – 48,16 %, индифференты – 6,87 %, алка-
 филы – 0,54 %.

По географическому распространению виды диатомовых водорослей в Ельнянке разделились на две группы: космополиты (29,62 %) и аркто-альпийские (14,81 %) (табл. 3, рис. 4). В Волте также преобладает сообщество космополитов (43,24 %), на втором месте по соотношению таксонов находится группа диатомей с аркто-альпийским распространением (10,82 %) и отмечена третья группа – бореальные виды (2,70 %), представленная в нашем исследовании одним таксоном *Pinnularia mesogongyla* (табл. 1). Около половины от общего числа таксонов в препаратах рек (55,57 и 43,24 % соответственно) занимают виды с невыясненным по справочной литературе географическим распространением (рис. 5, табл. 3).

По результатам данных, полученных при подсчете относительной численности створок в препаратах бентоса рек Волта и Ельнянка, представленные биогеографические группы диатомовых водорослей распределились в следующем процентном соотношении: космополиты 53,15 и 21,12 % и аркто-альпийские 8,63 и 12,85 %. Бореальная группа представлена только в препарате Волты – 0,41 %. Группа видов с неустановленным местообитанием заняла значительную часть и составила 39,86 и 66,03 % в обоих водотоках соответственно (рис. 5).

Для установления качества воды в исследуемых реках был подсчитан индекс сапробности Пантле–Букка по видам индикаторам диатомей, зафиксированным в данной работе, 23 и 12 таксонами в реках Волта и Ельнянка соответственно (табл. 1). Группы сапробионтов в Волте представлены большим количеством, чем в Ельнянке (9 и 7 групп соответственно), пять из которых отмечены в обеих реках. Виды диатомовых водорослей-индикаторов сапробности, относящиеся к олиго-ксеносапробионтам, ксено-бетамезосапробионтам, бета-олигосапробионтам, были выявлены только в бентосе Волты, а альфа-бетамезосапробионтная группа оказалась уникальной для Ельнянки (табл. 4).

Олигосапробионтная и олиго-бетамезосапробионтная группы диатомовых водорослей индикаторов сапробности в бентосе Волты являются ведущими по количеству видов. Олиго-бетамезосапробионтная включает в себя 6 сопутствующих видов (*Encyonema minutum*, *Eunotia flexuosa*, *Neidium productum*, *Nitzschia acidoclinata*, *N. perminuta*, *Pinnularia borealis*), из которых максимальное относительное обилие установлено для вида *Nitzschia perminuta* (3,29 %). Олигосапробионтная группа представлена таким же количеством видов, из которых 4 относятся к единичным (*Asterionella formosa*, 0,82 %, *Eunotia microcephala*, 0,41 %, *Fragilaria capucina*, 0,41 %, *Surirella angusta*, 0,41 %), один к сопутствующим (*Pinnularia sinistra*, 2,88 %) и один к субдоминантам (*Eunotia septentrionalis*, 6,17 %). Ксеносапробионтная группа включает в себя трех представителей, из которых единственный вид *Meridion constrictum* относится к субдоминантам с относительным обилием, достигающим 8,23 %. Самым заметным представителем группы олиго-альфамезосапробионтов, включающих два вида является *Lemnicola hungarica* с относительным обилием створок в препарате 28,49 %. Остальные группы диатомей из зон самоочищения по Пантле–Букку (в модификации Сладечека)

в нашей работе представлены каждая одним видом: ксено-олигосапробионты – *Cocconeis placentula* (2,88 %), олиго-ксеносапробионты – *Stauroneis kriegeri* (18,92 %), ксено-бетамезосапробионты – *Gomphonema acuminatum* (0,41 %), бета-мезосапробионты – *Eunotia bilunaris* (2,88 %). Среди видов диатомовых водорослей-индикаторов сапробности в Волте два представителя – *Stauroneis kriegeri* и *Lemnicola hungarica* относятся к доминантам, достигая относительного обилия 18,92 и 28,49 % соответственно.

Т а б л и ц а 4. Распределение диатомовых водорослей, встреченных в бентосе рек Волта и Ельнянка по зонам самоочищения

Зоны самоочищения по Пантле–Букку (в модификации Сладечека)	Индивидуальный индекс группы	Сапробное значение организма	Волта		Ельнянка	
			число видов-индикаторов	%	число видов-индикаторов	%
Ксеносапробионт	х	0,0	3	13,0	1	8,3
Ксено-олигосапробионт	х-о	0,4	1	4,3	1	8,3
Олиго-ксеносапробионт	о-х	0,6	1	4,3	0	–
Ксено-бетамезосапробионт	х-β	0,8	1	4,3	0	–
Олигосапробионт	о	1,0	6	26,0	5	41,9
Олиго-бетамезосапробионт	о-β	1,4	6	26,0	2	16,6
Бета-олигосапробионт	β-о	1,6	2	8,9	0	–
Олиго-альфамезосапробионт	о-α	1,8	2	8,9	1	8,3
Бета-мезосапробионт	β	2,0	1	4,3	1	8,3
Бета-альфамезосапробионт	β-α	2,4	0	–	0	–
Альфа-бетамезосапробионт	α-β	3,6	0	–	1	8,3
Полисапробионт	ρ	4,0	0	–	0	–
Всего			23	100	12	100

В фитобентосе Ельнянки наиболее представленной по количеству видов является группа олигосапробионтов, в которой нами отмечено 5 представителей, из них два вида *Fragilariforma virescens* и *Pinnularia sinistra* встречаются единично (относительное обилие 0,36 и 0,54 % соответственно), остальные три вида рода *Eunotia* относятся к субдоминантам и доминантам *E. microcephala* (7,97 %), *E. rhomboidea* (13,40 %), *E. meisteri* (15,67 %). Группа олиго-бетамезосапробионтов по количеству представителей не слишком превосходит оставшиеся группы индикаторов сапробности и включает два единично встречающихся вида, максимальный показатель относительного обилия у *Pinnularia borealis* (0,9 %). Группы ксеносапробионтов (*Tabellaria fenestrata*, 0,54 %), ксено-олигосапробионтов (*Pinnularia subcapitata*, 5,58 %), олиго-альфамезосапробионтов (*Tabellaria flocculosa*, 9,78 %), бета-мезосапробионтов (*Eunotia bilunaris*, 13,17 %), альфа-бетамезосапробионтов (*Karayevia clevei*, 0,36 %) включают в себя по одному представителю с показателем относительного обилия варьирующимся от единично встречающийся до доминант.

Для Волты сапробиологический индекс составил 3,6, соответствующий β-полисапробной зоне самоочищения пятого класса качества вод, для Ельнянки – 1,3, расположенный в α-олигосапробной зоне самоочищения второго класса качества и характеризует воды Волты как весьма грязные, а для Ельнянки – как вполне чистые [15].

На соотношение экологических групп диатомей и показателей сапробности в реках сказались виды, встреченные только в одной из них. Так, планктонный вид *Asterionella formosa* был обнаружен нами в бентосе Волты; скорее всего его присутствие связано с временными застойными явлениями в русле реки и сопутствующим этому развитием планктона. Согласно справочной информации, вид *Luticola nivalis*, отмеченный нами в бентосе Ельнянки и представляющий группу галофилов, характеризуется одновременно двумя предрасположенностями к местообитанию: почвенной и бентосной в широком смысле. Можно предположить, что его присутствие в образце обусловлено случайным попаданием в отбираемый материал из сопредельных напочвенных экосистем, так как он был встречен только в одном экземпляре. Контрастно представлено соседство с пресноводными видами мезогалофилов. Единственный представитель солоноватоводной группы в нашей работе *Lemnicola hungarica* отмечен в препарате Волты с процентным содержанием 28,49 %. Высокое относительное обилие этого вида, имеющего олиго-альфамезосапробную характеристику, оказывает сильное влияние на конечную цифру показателя сапробности, смещая ее в сторону высокоэвтрофированных водоемов. Присутствие вида в таком высоком процентном содержании с сильно отличающимися экологическими характеристиками от большинства объяснимо, как можно пред-

положить, экотонным эффектом, возникающим на трансформированном участке реки с берегами, сформированными различным составом частиц (органическим и минеральным). Или же *Lemnicola hungarica* выполняет роль эксплорента, чутко реагируя на изменения происходящие после остановки тока воды в реке.

Заключение. Видовое богатство диатомовых водорослей бентоса рек Волта и Ельнянка заказника республиканского значения «Ельня» невелико и суммарно представлено 54 видами и внутривидовыми таксонами, 37 – для Волты и 27 – для Ельнянки. Невысокий коэффициент флористической общности, составляющий 18 %, свидетельствует о низком таксономическом сходстве представленных комплексов диатомовых водорослей.

Установлены различия в доминирующих экологических группах Волты при подсчете по числу видов и по относительной численности створок. В первом случае в обоих водотоках вследствие специфичности болотного водосбора и их мелководности по приуроченности к местообитанию преобладают бентосные виды, по отношению к галобности – виды-индифференты, по отношению к активной реакции среды – ацидофилы, по географическому распространению – виды-космополиты. В препаратах обоих водотоков велика доля видов с не выявленными по литературным данным экологическими и географическими характеристиками.

Доминирующие эколого-географические группы в препарате Ельнянки при подсчете по относительной численности створок остались на прежних позициях, как и были при подсчете по количеству видов. В Волте появились на ведущих позициях группы мезогалобов и алкалифилов, что свидетельствует о возможной смене локальных условий в направлении увеличения минерализации и значения pH.

По количеству видов-индикаторов сапробности в реках преобладают олигосапробионты и олиго-бетамезосапробионты. Показатель индекса сапробности для Волты соответствует весьма грязным водам, а для Ельнянки – вполне чистым. Полученные сведения отражают состояние экосистем в водотоках с трансформированным и естественным руслом.

Список использованных источников

1. Флора и растительность ландшафтного заказника «Ельня» / Д. Г. Груммо [и др.]. – Минск : Минсктиппроект, 2010. – 200 с.
2. Особо охраняемые природные территории Беларуси. Справ. / Н. А. Юргенсон [и др.]. – Минск : ГУ «БелИСА», 2012. – 204 с.
3. Природа Беларуси : энциклопедия : в 3 т. / редкол.: Т. В. Белова [и др.]. – Минск : Беларус. Энцыкл., 2010. – Т. 2 : Климат и вода. – 504 с.
4. Макаревич, Т. А. Таксономическая структура водорослевых сообществ болотных экосистем Национального парка «Нарочанский» / Т. А. Макаревич, Н. Г. Лесько // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы междунар. науч.-практ. семинара. – Минск, 2009. – С. 197–199.
5. Альгофлора верхового болота Мох (Гидрологический заказник «Ельня», Беларусь) / И. В. Митропольская [и др.] // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : материалы III Всерос. науч. конф. – Пущино, 2008. – С. 555–557.
6. Петров, В. Н. Род *Tabellaria* Ehrenberg ex Kützing в водоемах ландшафтного заказника республиканского значения «Ельня» (Республика Беларусь) / В. Н. Петров // Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований : материалы XV Междунар. конф. – Ярославль, 2017. – С. 51–52.
7. Свирид, А. А. Диатомовая флора дистрофного озера Пострежское (Березинский биосферный заповедник) / А. А. Свирид // Ботанич. журн. – 1995. – Т. 80, № 8. – С. 43–49.
8. Свирид, А. А. Диатомовые водоросли озер Палик и Пострежское / А. А. Свирид // Вестн. БГПУ. Сер. 3. – 2006. – № 1. – С. 41–47.
9. Петров, В. Н. Диатомовые водоросли фитобентоса реки Ельнянка (ландшафтный заказник республиканского значения «Ельня») / В. Н. Петров // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы III Междунар. науч. семинара. – Минск, 2018. – С. 96–100.
10. Петров, В. Н. Диатомовые водоросли фитобентоса реки Волта (ландшафтный заказник республиканского значения «Ельня») / В. Н. Петров // Понт Эвксинский – 2019 : материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых по проблемам водных экосистем, посвящ. д-ру биол. наук, проф. С. Б. Гулина. – Севастополь, 2019. – С. 53–54.
11. Петров, В. Н. Сходство таксономического состава диатомовых водорослей фитобентоса рек Ельнянка и Волта (заказник республиканского значения «Ельня», Беларусь) / В. Н. Петров // материалы конф. «XI Галкинские чтения». – СПб., 2021. – С. 122–123.
12. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / З. И. Глезер [и др.]. – Л. : Наука, 1974. – Т. 1. – 403 с.
13. Krammer, K. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa / K. Krammer, H. Lange-Bertalot. – Stuttgart; New York, 1991. – 576 s.
14. Lange-Bertalot, H. Eunotia and some related genera / H. Lange-Bertalot, M. Bak, A. Witkowski // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland water and comparable habitats. – Ruggell, 2011. – Vol. 6. – P. 1–747.

15. *Баринава, С. С.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Баринава, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. – 498 с.
16. Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ / С. И. Генкал [и др.]. – М. : Научный мир, 2013. – 236 с.
17. Определитель диатомовых водорослей России / М. С. Куликовский [и др.]. – Ярославль : Филигрань, 2016. – 804 с.
18. AlgaeBase [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.algaebase.org>. – Дата доступа: 28.04.2022.

Поступила 06.07.2022